

列車速度の変化に対応した乗り心地予測

JR 東海 正会員 ○永沼 泰州

JR 東海 正会員 福島 誠志

1. はじめに

東海道新幹線では、軌道狂いから計算した「予測乗り心地レベル」による軌道管理が行われている。1997年に導入されたこの乗り心地管理手法は、「車両の振動特性」と「人間の感覚」の双方を考慮しているため、従来の管理手法と比べて高い確度で旅客が不快に感じる箇所を抽出できるだけでなく、鉛直方向（高低）と水平方向（通り）に同じ評価値を使うことが可能で、しかもその評価が分かりやすいという特徴を持っている。しかし、ここで使用される車両特性は270km/h走行時の特性に固定されているので、停車駅付近の低速区間や速度規制区間では、乗り心地レベルが実際よりも大きな値を示してしまう。このような区間では、目標値達成のために過剰な保守が投入される可能性があり、以前から運転計画速度に対応した乗り心地予測が求められていた。以上を背景に、本稿では、列車速度の変化に応じた車体振動加速度および乗り心地レベルを予測できる計算手法について紹介する。

2. 現在の方法（速度固定の乗り心地予測）

現行の乗り心地レベル予測フローを図1に示す。まず、軌道狂いは車両特性（300系車両 270km/h走行時）により重み付けされ、車体振動加速度（以下「動揺」）が出力される。次に、等感覚重み付けが行われ、デシベル計算によって「連続短時間乗り心地レベル波形」が得られる。実際のデータ処理では、原波形復元、動揺予測、等感覚重み付けの3つの処理が1つのデジタルフィルタとして結合され、1回のフィルタリングで上記処理の大部分が完了する。

図2に示すとおり、車両特性は周波数のみならず列車速度にも依存して変化するため、現行の予測法で速度変化の影響を加味するのは困難である。このため車両特性は速度固定にせざるを得ず、冒頭に述べたとおり、走行速度が低下する区間では不経済な乗り心地管理になってしまう可能性がある。

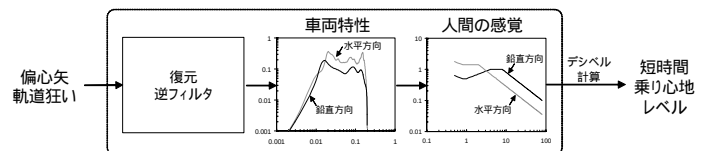


図1 乗り心地レベル予測フロー

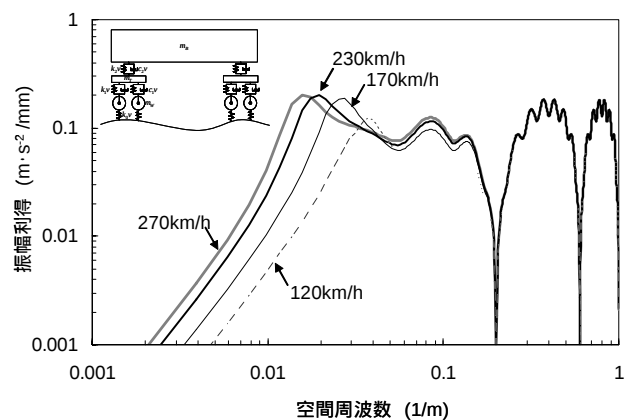


図2 速度による車両特性の変化（鉛直方向）

3. 列車速度変化に対応可能な乗り心地予測法

車両の上下振動系の周波数特性は、台車間距離や軸間距離のような車両の構造寸法によって決まる因子（空間周波数(1/m)の関数）と、質量やばねなど質点系の力学的諸量によって決まる因子（時間周波数(1/s)の関数）が含まれている。ここで、図2のモデルにおいて車体と台車の回転慣性の影響を無視すれば、上記2つの因子を完全に分離することができる。前者は「台車の軌道狂い平均効果」と呼ばれ、距離領域で固定の特性を持つ。後者は単純な2自由度系の振動モデルで、時間領域固定の特性となる。従って、処理の過程において、距離サンプリングと時間サンプリングの相互変換ができれば、速度変化区間の動揺予測および乗り心地予測が実現できる。以上のアイデアに基づいた処理フローを図3に示す。ここで、距離サンプリングと時間サンプリング

キーワード 乗り心地レベル、車体振動加速度、デジタルフィルタ

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山1545番33 東海旅客鉄道㈱ 技術開発部 TEL 0568-47-5380

グの相互変換には、図4に示す経過時間と到達距離の関係（運転曲線または実測速度）を使用する。ただし、変換後のデータは列車速度に応じてサンプリングが不等間隔となるため、線形補間などを使用して等間隔サンプリングに再構成しなければならない。

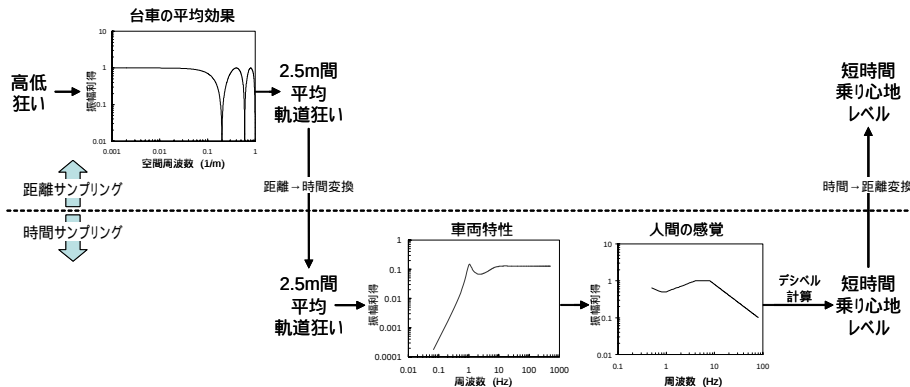


図3 速度変化に対応した乗り心地予測フロー

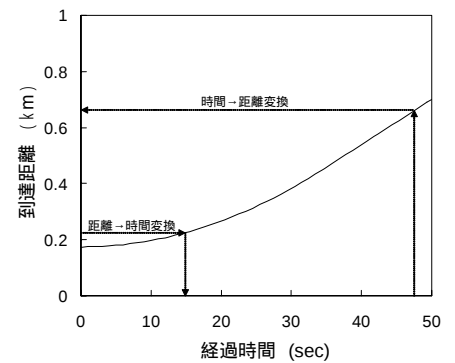


図4 運転曲線による変換

また、「短時間乗り心地レベル」は平均時間が2秒間で規定されているが、現行の処理では150m(270km/h走行時の2秒に相当)の平均長で演算せざるを得ない。このため、速度低下区間では平均時間が長くなってしまいう問題もあった。今回提案する方法は、時間領域でデシベル計算を行うので、定義どおりに短時間乗り心地レベルを計算することができる。

4. 計算結果

165km/hに速度規制を受ける区間で計算した予測乗り心地レベルを図5に示す。図中には速度が270km/hに固定された従来の予測結果も併記した。両者の差は165km/h走行区間で約6dBもあり、本稿で提案した速度可変の予測手法が、経済的な乗り心地管理に結びつく可能性を示唆している。250km/h走行区間でも場所によっては2dB程度の差が見受けられるので、東海道新幹線に多い255km/hの速度制限区間(R=2,500mの曲線)でも実態に合った乗り心地評価が期待できる。

また、速度低下区間は高周波成分を含む波形になっており、デシベル計算の平均長が2秒に対応した長さに変換されていることも確認できる。

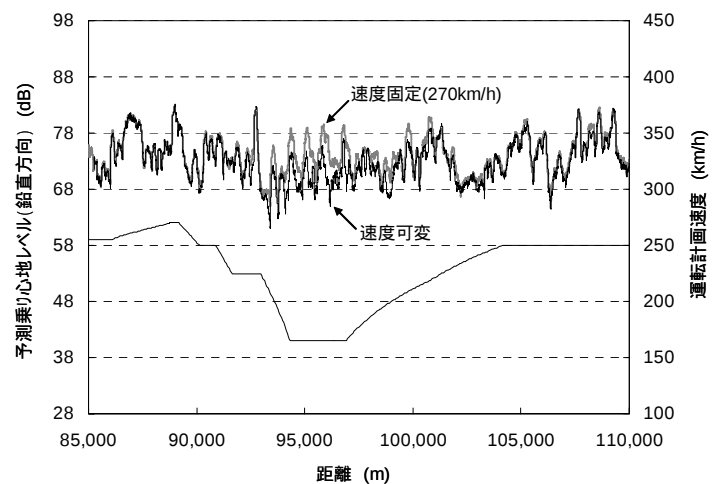


図5 速度可変の乗り心地予測結果

5. おわりに

今回の検討は、鉛直方向に限定し、最も単純なモデルを使用した理論計算に過ぎないが、計画運転速度を考慮した乗り心地管理手法の可能性を示すことができた。今後は実測データとの整合性や、適用範囲および導入効果について調査するとともに、水平方向における計算方法の検討を進める予定である。

参考文献

- ・ 永沼, 高井: 新幹線車両の動特性を考慮した軌道管理手法, 鉄道総研報告, Vol.9, No.12, 1995年12月, pp37-42